

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-117024

(43)Date of publication of application : 09.05.1989

(51)Int.Cl.

H01L 21/30

G01N 21/88

H01L 21/66

(21)Application number : 62-272958

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 30.10.1987

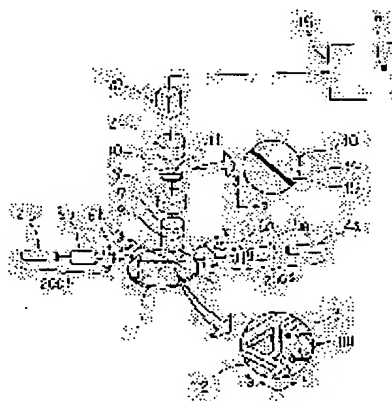
(72)Inventor : NAKADA TOSHIHIKO
AKIYAMA NOBUYUKI
YAMAUCHI YOSHIHIKO

(54) METHOD AND EQUIPMENT FOR DETECTING FOREIGN MATTER

(57)Abstract:

PURPOSE: To extract only foreign matter information without extremely damaging foreign matter scattering light, by illuminating a wafer from an oblique upper part with a rotation angle wherein reflected diffraction light in the directions of x-axis and y-axis does not enter an objective.

CONSTITUTION: A wafer 1 is so arranged that two principal pairs of line edge group constituting a circuit pattern 2 on the wafer 1 become parallel to x-axis and y-axis, respectively. When the wafer is illuminated from an oblique upper part at rotation angles of 45° with respect to x-axis and y-axis, the reflected diffraction light from the line edge group parallel to x-axis and y-axis does not enter an objective 7, so that pattern information is eliminated. The line edge group among the pattern 2 with angles of 45° with respect to x-axis and y-axis becomes vertical to laser beam, so that the reflected diffraction light constitutes a Fourier transform image on a Fourier transform plane 11. By arranging a spatial filter 10 on the transform plane 11, the pattern information is eliminated. Thereby extracting foreign matter information only.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平1-117024

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成1年(1989)5月9日

H 01 L 21/30

3 0 1

V-7376-5F

G 01 N 21/88

E-7517-2G

H 01 L 21/66

Z-7517-2G

J-6851-5F

審査請求 未請求 発明の数 2 (全9頁)

⑮ 発明の名称 異物検出方法及び装置

⑯ 特 願 昭62-272958

⑰ 出 願 昭62(1987)10月30日

⑱ 発 明 者 中 田 俊 彦 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑲ 発 明 者 秋 山 伸 幸 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑳ 発 明 者 山 内 良 彦 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

異物検出方法及び装置

2. 特許請求の範囲

1. 試料上を、試料上のパターンを構成する主要な直線群に対し試料平面上で所望の限られた回転角を成す方向から、指向性の高い照明光で斜方照明し、試料からの散乱光を検出する目的で照明領域の垂直上方に設けた検出光学系内の空間周波数領域において、試料上のパターンを構成する他の直線群からの規則的散乱光を遮光し、上記遮光手段を通過してきた試料上の異物からの散乱光を上記検出光学系を介して、光検出器で検出することを特徴とする異物検出方法。

2. 所望の限られた回転角は、上記主要な直線群からの反射回折光が上記検出光学系に入射しない回転角であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の異物検出方法。

3. 所望の限られた回転角は、上記検出光学系のNA (Numerical Aperture: 開口数) によって

定まる値であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の異物検出方法。

4. 所望の限られた回転角は、概ね45°であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の異物検出方法。

5. 試料上を、試料上のパターンを構成する主要な直線群に対し試料平面上で所望の限られた回転角を成す方向から、指向性の高い照明光で斜方照明する照明手段と、試料からの散乱光を検出する目的で照明領域の垂直上方に設けた検出光学系と、該検出光学系内の空間周波数領域において、試料上のパターンを構成する他の直線群からの規則的散乱光を遮光する遮光手段と、上記遮光手段を通過してきた試料上の異物からの散乱光を上記検出光学系を介して検出する光検出器から構成されることを特徴とする異物検出装置。

6. 所望の限られた回転角は、上記主要な直線群からの反射回折光が上記検出光学系に入射しない回転角であることを特徴とする特許請求の範囲

図第 5 項記載の異物検出装置。

7. 所望の限られた回転角は、上記検出光学系の NA (Numerical Aperture: 開口数) によって定まる値であることを特徴とする特許請求の範囲第 5 項記載の異物検出装置。

8. 所望の限られた回転角は、概ね 45° であることを特徴とする特許請求の範囲第 5 項記載の異物検出装置。

9. 試料は半導体ウェハであることを特徴とする特許請求の範囲第 5 項記載の異物検出装置。

5. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、試料上の微小異物を検出する方法及び装置に係り、特に製品(パターン付)ウェハ上の異物を検出するのに好適な異物検出方法及び装置に関する。

(従来の技術)

パターン付ウェハ上異物検査を例にとると、従来の技術は例えば、特開昭 54-57126 に代表されるように、ウェハ上の回路パターン及び異物に直

接偏光レーザー光を照射した際の、各々の反射光の偏光解消度の違いに着目したものである。すなわち、第 5 図に示すように、レーザー 70a 及び 70b から出射した S 偏光ビームでウェハ 1 上を斜方照明する。一般に、ウェハ上の回路パターン 71 は概ね規則的な直線段差パターンで構成されているため、レーザー光の偏光解消は少なく、パターン 71 のうち、レーザービーム 103 の光軸と直交する直線エッジからの反射光 74 には S 偏光成分がそのまま保存される。一方、異物はその形状に規則性がなく、入射レーザー光に対して様々な入射角を有する微小面で構成されていると考えられ、レーザー光は散乱される。その結果、偏光が解消し、散乱光 75 には S 偏光及び P 偏光成分が混在する。そこで、対物レンズ 7 の上方に S 偏光成分(矢線で示す)を遮断するように偏光板 76 を配置すれば、光電変換素子 77 では異物散乱光 75 の中の P 偏光成分のみが 79 のように検出される。

(発明が解決しようとする問題点)

第 6 図(4)は上記従来方式における偏光板通過前

・ 3 ・

の、また同図(4)は同じく通過後の異物散乱光の偏光状態を各々示したものである。図から明らかなように、従来方式においては、偏光板を通過できる P 偏光成分は全異物散乱光のごく一部であり、最小検出異物は $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 程度に限界である。すなわち、従来方式は、試料上のパターンからの反射光を除去するために、偏光板を用いているわけであるが、そのために異物散乱光の多くをも除去する結果になっている。従って第 7 図に示すように、さらに微小な $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 異物 84 の場合は、全散乱光そのものの光量低下と偏光板による光量低下のため、検出が極めてむづかしくなる。検出光量を増加させるため、レーザー光の強度を増加させると、それまであまり光らなかったパターン・コーナ部での散乱光が偏光板を通過してしまい、異物との弁別が困難になる。また、異物の材質及び形状によっては偏光解消が小さいものがあり、その場合は、異物散乱光に P 偏光成分がほとんど含まれず、ますます検出が困難になる。

本発明の目的は、上記従来技術の問題点に鑑み

・ 4 ・

偏光解消に依存せず、高い効率で異物散乱光を検出できる異物検出方法及び装置を提供することにある。

(問題点を解決するための手段)

上記目的は、試料上を、試料上のパターンを構成する主要な直線群に対し試料平面上で所望の限られた回転角を成す方向から、指向性の高い照明光で斜方照明し、試料からの散乱光を検出する目的で照明領域の垂直上方に設けた検出光学系内の空間周波数領域において、試料上のパターンを構成する他の直線群からの規則的散乱光を遮光し、上記遮光手段を通過してきた試料上の異物からの散乱光を上記検出光学系を介して、光検出器で検出することにより、達成される。

(作用)

従来技術の問題点は、異物散乱光に影響を与え、ことなくパターンからの反射光のみを除去し、異物散乱光を可能な限り高い効率で検出することにより解決できる。その手段としては、試料平面上でパターンの直線部と照明光の光軸とが成す回

・ 5 ・

・ 6 ・

転角がある一定値以上になると、パターンからの反射回折光が検出光学系に入射しなくなることを利用する。上記手段によれば少なくとも試料上の互いに直交する2組の直線パターン群を完全に除去できる。一方、上記手段で除去しきれない直線パターン群については、検出光学系の空間周波数領域、すなわちフーリエ変換面において、上記残存直線パターン群のフーリエ変換像を空間フィルタにより遮光することにより、これを除去することができる。以上の手段によれば、異物散乱光に大きな影響を与えることなくパターンからの反射光を除去でき、異物散乱光を高い効率で検出することができる。

(実施例)

以下、本発明の実施例を第1図～第4図により説明する。

まず、本発明の基本原理を、パターン付ウェハ異物検査を例にとり、第2図により説明する。第2図(a)は異物検出光学系の原理図を示したものである。ウェハ1は、対物レンズ7、リレーレンズ

9及び12により光電変換素子13上に結像している。一方、対物レンズ7内の空間周波数領域、すなわちフーリエ変換面(射出瞳に相当する)8は、リレーレンズ9により20の位置に結像している。本発明は、同図(a)に示すように、ウェハ上に形成されている回路パターンが、概ね互いに直交する2組の直線群と、ごく一部に存在する上記直線群に対して45°の角度を成す直線群の、計3組の直線群から構成されていることに着目したものである。今、第2図(a)に示すように、x軸及びy軸に平行な直線エッジ部から成るパターン18を想定し、これを斜方照明するレーザ19のビーム102とx軸とがウェハ平面上で成す回転角を ϕ とする。回転角 ϕ に応じて、パターン18のうちのy軸方向の直線エッジ部からの反射回折光、すなわちフーリエ変換像は、20の位置、すなわち対物レンズ7のフーリエ変換面(空間周波数領域=射出瞳)8の結像位置(21が射出瞳の像である)において、22のように変化する。すなわち、回転角 ϕ がある一定値 ϕ_m 以上になると、もはやパターンの直線エッジ

部からの反射回折光は対物レンズに入射しないことが判る。例えば、 NA (Numerical Aperture: 開口数)0.4の対物レンズの場合、 $\phi_m = 20^\circ$ である。従って、検出光学系に NA 0.4の対物レンズを使う場合は、斜方照明用レーザビームの回転角 ϕ をx軸及びy軸に対して 20° を超える値に設定すれば、x軸及びy軸と平行な直線エッジ部からの反射光を完全に除去することができる。この回転角 ϕ_m は対物レンズの NA により異なる値となる。 NA が大きいほどその値は大きい。この際、異物散乱光は全く影響を受けない。第2図(b)は、余裕をみて回転角 ϕ を 45° とした時のパターン及び異物からの反射光を示したものである。パターン2のうちのx軸及びy軸と平行な直線エッジ部からの反射回折光は対物レンズ7に入射しないから、検出面像26に示すように、これらのパターン情報は、完全に除去できる。一方、パターン2のうちのx軸及びy軸に対し 45° 方向を成す直線エッジ部からの反射回折光は、対物レンズ7に入射し、20の位置、すなわちフーリエ変換面において、細長く集

光したフーリエ変換像となり、また検出面像26においてもそのパターン情報27が得られている。25は異物のフーリエ変換像であり、その形状の不規則性のためフーリエ変換面で大きく広がっている。そこで、両者のフーリエ変換像の形状の違いに着目して、遮光部31を有する空間フィルタ29を、20の位置、すなわちフーリエ変換面に設置することにより、 45° 方向の直線エッジ部のフーリエ変換像を遮光することができる。その結果、検出面像32に示すように異物情報33のみを抽出することができる。尚、この 45° 方向のパターンはウェハ上でわずかに存在するものであり、フーリエ変換像24は極めて細いため、空間フィルタ29の遮光部31もかなり細くすることができる。従って、この遮光部31による異物散乱光の遮光量は極めて少ない。

以上述べたように、本発明の基本原理は、x軸及びy軸方向の反射回折光が対物レンズに入射しないある回転角でウェハ上を斜方照明することにより、ウェハ上の回路パターンの大半を占めるx

軸及びy軸方向のパターン情報を除去し、残りの他の方向のパターン情報については、対物レンズもしくは検出光学系のフーリエ変換面に設けた空間フィルタにより、これを除去することにより、異物散乱光を大きく損なうことなく、異物情報のみを抽出するものである。

以下、本発明の第1の実施例を第1図により説明する。

第1図は第1の実施例における異物検出光学系を示す図である。本光学系は、ステージ(図10示せず)、レーザ斜方照明光学系200a, 200b、対物レンズ7、リレーレンズ9、空間フィルタ10、リレーレンズ12、2次元固体撮像素子90より構成される。同図において、試料は回路パターンが形成された製品ウエハである。レーザ斜方照明光学系200a, 200bは、それぞれ、半導体レーザ4a, 4b、ビーム補正光学系5a, 5b、集光レンズ6a, 6bから成り、半導体レーザ4a, 4bから出射した、円形ビームを、ビーム補正光学系5a, 5bにより円形ビームに整形した後、集光レンズ6a, 6b

により、傾斜角 θ 、x軸及びy軸より 45° の回転角でもって、2方向からウエハ上に照射する。ウエハ1は、対物レンズ7、リレーレンズ9、12により2次元固体撮像素子90上に結像している。一方、対物レンズ7のフーリエ変換面(空間周波数領域=射出瞳)8は、リレーレンズ9により11の位置に結像している。本実施例においては、ウエハ1上の回路パターン2を構成する主要な2組の直線エッジ群が、それぞれx軸及びy軸に平行になるようにウエハを配置している。従って、x軸及びy軸に対して 45° の回転角で斜方照明することにより、上記x軸及びy軸に平行な直線エッジ群からの反射回折光は対物レンズに入射しないから、これらのパターン情報を除去することができる。一方、パターン2のうち、x軸及びy軸に対して 45° 方向を成す直線エッジ群はレーザビームに対し直交となるから、その反射回折光は、フーリエ変換面11において、第2図(a)に示すような、細長く集光したフーリエ変換像となる。従って、遮光部15を有する空間フィルタ10を11の位置に

. 11 .

設けることにより、このパターン情報を除去することができる。尚、この際、レーザビーム102と平行な 45° 方向からの反射回折光は対物レンズ7に入射しない。以上のようにして、ウエハ上の回路パターン情報を総て除去することができ、その結果、2次元固体撮像素子90の検出画像16に示すように、異物情報17のみを抽出することができる。

本実施例においては、原理説明のところでも述べたように、 45° 回転斜方照明により、異物散乱光に影響を与えることなく、ウエハ上の回路パターンの大半を占めるx軸及びy軸方向のパターン情報を除去でき、また残りの他の方向のパターン情報を除去するための空間フィルタ10の遮光部15の幅をかなり小さくすることができるため、異物散乱光を大きく損なうことなく、異物情報のみを抽出することができる。

以下、本発明の第2の実施例を第3図により説明する。

第3図は第2の実施例における異物検出光学系を示す図である。本光学系は、第1図に示した第20

. 12 .

1の実施例の異物検出光学系において、既にあるレーザ斜方照明光学系と直交する方向に、新たにレーザ斜方照明光学系200c, 200d(図示せず)を追加し、計4方向から斜方照明する構成とし、かつそれに対応して、遮光部42及び43を有する空間フィルタ40をフーリエ変換面11に配置した。他は、総て第1の実施例の異物検出光学系と同じ構成及び性能を有する。x軸及びy軸に対して 45° の回転角で4方向から斜方照明した場合でも、パターン2のうちx軸及びy軸に平行な直線エッジ群からの反射回折光は対物レンズに入射しないから、これらの情報を除去することができる。一方、パターン2のうち、x軸及びy軸に対して 45° 方向を成す直線エッジ群は4方向からのレーザビームに対し、直交となるから、その反射回折光は、フーリエ変換面11において、細長く集光した十字状のフーリエ変換像となる。従って、遮光部42、及び43を有する空間フィルタ40を11の位置に設けることにより、このパターン情報を除去することができる。以上のようにして、ウエハ上の回路

. 13 .

. 14 .

パターン情報を総て除去することができ、その結果、2次元固体撮像素子90の検出画像44に示すように、異物情報45のみを抽出することができる。

本実施例においては、第1の実施例と同様の効果があるだけでなく、さらに以下の効果を有する。すなわち、異物によってはその形状に方向性をもつものがあり、限られた方向から照明した場合、その散乱光の指向性が高くなり、最悪の場合、散乱光が対物レンズに入射しないケースも生じてくる。本実施例では4方向から斜方照明しているため、上記の場合でも、異物散乱光の指向性を低減することができる、異物検出光量の低下を防ぐことができる。また、パターン段差部に付着し、2方向照明では段差の陰になり検出が困難な異物も、4方向照明により十分な照明光量が得られ、異物見逃しを防ぐことができる。

以下、本発明の第3の実施例を第4図により説明する。

第4図は、第3の実施例における異物検出光学系を示す図である。本光学系は、ステージ(20

図示せず)、レーザ斜方照明光学系200a, 200b, 200c, 200d(図示せず)、対物レンズ7、リレーレンズ9、波長分離ミラー50、空間フィルタ51a, 51b、ミラー52a, 52b、波長合成ミラー53、リレーレンズ54、2次元固体撮像素子54と、さらに信号処理系としてメモリ60、比較回路150より構成される。同図において、試料は前述の2つの実施例と同様、回路パターンが形成された製品ウエハである。4つのレーザ斜方照明光学系200a, 200b, 200c, 200dの構成、配置、機能は第2の実施例と全く同様であるが半導体レーザ4a, 4bは波長840nmのものを、4c, 4dは波長780nmのものをそれぞれ使用している。ウエハ1'は、対物レンズ7、リレーレンズ9, 54により、2次元固体撮像素子90上に結像している。一方、対物レンズ7のフーリエ変換面(空間周波数領域=射出瞳)8は、リレーレンズ9により、55及び56の位置に結像している。波長分離ミラー50及び波長合成ミラー53は、波長840nmの光を透過させ、波長780nmの光を反射する。

. 15 .

以下、本異物検出光学系の機能を説明する。x軸及びy軸に対して45°の回転角で4方向から斜方照明した場合は、第2の実施例と同様、パターン140のうちx軸及びy軸に平行な直線エッジ群からの反射回折光は対物レンズに入射しないからこれらの情報を除去することができる。一方、パターン140のうち、x軸及びy軸に対して45°方向を成す直線エッジ群は4方向のレーザビームに対し、直交を成す。波長840nmの半導体レーザ4a, 4bから出射したビームによって照明された同ビームに対して直交する45°方向の直線エッジ群からの反射回折光は、波長分離ミラー50を透過し、フーリエ変換面55において、第2図(a)に示すような、ビームと平行に細長く集光したフーリエ変換像となる。従って遮光部58aを有する空間フィルタ51aを55の位置に設けることにより、このパターン情報を除去することができる。一方、波長780nmの半導体レーザ4c, 4dから出射したビームによって照明された同ビームに対して直交する45°方向の直線エッジ群からの反射回折光は、20

. 17 .

波長分離ミラー50により反射され、フーリエ変換面56において、第2図(b)に示すような、ビームと平行に細長く集光したフーリエ変換像となる。従って、上記と同様に、遮光部58bを有する空間フィルタ51bを56の位置に設けることにより、このパターン情報を除去することができる。以上のようにして、回路パターンの情報が除去された2つの波長のウエハ1'からの反射光は、波長合成ミラー53により合成された後、リレーレンズ54により、2次元固体撮像素子90上に結像する。一方、ウエハ1'は、前述の2つの実施例におけるウエハ1よりもパターン段差が大きい(1/配線工程のように、半導体製造プロセスの後工程においては、前工程に比べパターン段差が大きくなる)ため、パターン140のコナ部での光の散乱状態が異物のそれに近くなり、空間フィルタ51a及び51bを通過してしまふ。その結果、2次元固体撮像素子90の検出画像61には、異物情報65と共にパターンのコナ部の情報62が混在している。そこで、検出画像61と、予じめメモリ60に格納しておいた隣接20

. 18 .

チップの同一場所での記憶画像64とを、比較回路150において比較し、共通部分であるパターン・コーナ部の情報を除去すれば、その歪画像66に示すように異物情報63のみを抽出することができる。

以上、本実施例においては、第1及び第2の実施例と同様な効果を有するだけでなく、さらに以下の効果を有する。すなわち、本実施例においては、ウェハからの反射光を2つの波長成分に分離することにより、本来ならば第2の実施例に示すように十字状のフーリエ変換像になるものを、それぞれ1本の直線状のフーリエ変換像に成らしめ、空間フィルタの遮光部分の面積が小さくすむようにしている。その結果、異物散乱光の遮光量が減少し、異物検出光量が増加する。また、隣接チップ比較方式との併用により、従来、その性能が低下していたパターン段差の大きいウェハ上の異物検出能力が向上する。

尚、以上の実施例では、試料として半導体ウェハを用いているが、本発明はレチクルやマスク、あるいは、他の何らかの規則性のあるパターン上

の異物検出、さらに全くパターンのない試料上の異物検出にも十分適用できる。

また、第3の実施例では、ウェハからの反射光を波長分離ミラーを用いて2つの波長に分離していたが、これを偏向ビームスプリッタにおきかえ互いに直交する2つの偏向成分に分離することももちろん可能である。その際は、互いに直交する直線偏光レーザで斜方照明する。

また、以上の実施例ではレーザビームの回転角を45°としているが、対物レンズにパターンエッジ部の反射回折光が入射しない角度であるならば、回転角は他の値でもかまわない。上記角度は、対物レンズのNAによって決まるものである。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明によれば、x軸及びy軸方向の反射回折光が対物レンズに入射しないある回転角で、ウェハ上を斜方照明するという極めて簡単な構成により、異物散乱光を損なうことなく、ウェハ上の回路パターンの大半を占めるx軸及びy軸方向のパターン情報を除去すること

・ 19 ・

ができ、また残りの他の方向のパターン情報は空間フィルタを用いて除去することにより、従来方式に比べ異物検出光量が大幅に増加する。また、パターンや異物の形状によって異物検出能力が左右されないため、上記異物検出光量の増加と併せて、より微小な異物の検出が可能となり、半導体の信頼性向上及び歩留向上に貢献できるという効果を有する。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1の実施例における異物検出光学系を示す斜視図、第2図は本発明の原理を示す図、第3図は本発明の第2の実施例における異物検出光学系を示す斜視図、第4図は本発明の第3の実施例における異物検出光学系を示す斜視図、第5図は従来の異物検出方式を示す図、第6図は異物散乱光の偏光状態を示す図、第7図は従来方式による微小異物の検出状態を示す図である。

1, 1' ... ウェハ

2, 18, 17, 140 ... パターン

3, 72, 84 ... 異物

・ 21 ・

・ 20 ・

4a, 4b, 4c, 4d ... 半導体レーザ

19, 70a, 70b ... レーザ

7 ... 対物レンズ

8, 11, 20, 55, 56 ... フーリエ変換面

10, 29, 40, 51a, 51b ... 空間フィルタ

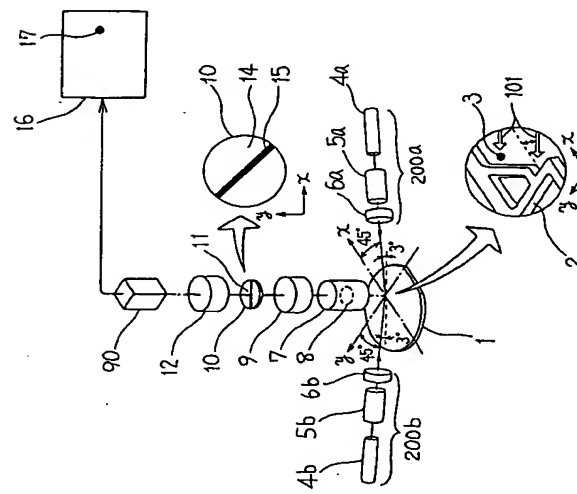
22, 24 ... 直線エッジ部のフーリエ変換像

25 ... 異物のフーリエ変換像

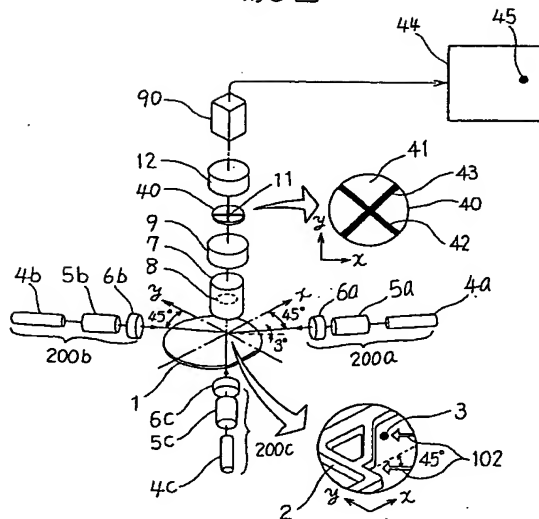
90 ... 2次元固体像検出素子

代理人 弁理士 小川 勝 男

第一圖

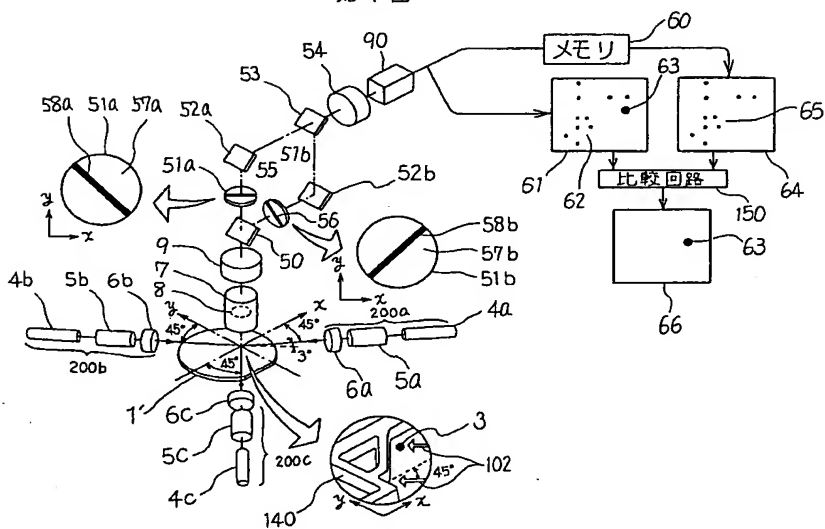


第3図



- | | | |
|--------|-----------------------|--------------|
| 1 ウェハ | 4a, 4b, 4c, 4d 半導体レーザ | 40 空間フィルタ |
| 2 パターン | 7 対物レンズ | 90 2次元固体撮像素子 |
| 3 異物 | 8, 11 フーリエ変換面 | |

第4図



- | | | |
|-----------------------|-------------------|--------------|
| 1' ウェハ | 7 対物レンズ | 60 メモリ |
| 3 異物 | 8, 55, 56 フーリエ変換面 | 90 2次元固体撮像素子 |
| 4a, 4b, 4c, 4d 半導体レーザ | 51a, 51b 空間フィルタ | 140 パターン |
| | | 150 比較回路 |

